

RANCANG BANGUN SISTEM TOKEN PULSA PENGGUNAAN AIR PRA-BAYAR METODE ENKRIPSI TRANSPOSISI DAN DEKRIPSI ALJABAR BOOLEAN

Rima Ayuning Ratri dan Kusworo Adi

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: rimaaratri@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Water supply company is currently still using analog counter system to determine the volume of water that has been used by customer. After officers did manually recording then customer make a payment according the volume of water used. This system raises many problems include, payment arrears, the recording of water unsuitable and customers can't arranged the water.

So, we needs a system that can to overcome it all. Water counters prepaid system uses token that contains important information such as the customer's ID, date of purchase and nominal credit tokens. To maintain secrecy and make disposable token, cryptographic process carried out by the method of transposition. To use the token decryption process is done by microcontroller PIC16F877. Decryption process performed by implementing the Boolean Algebra.

Results from this research are created of water counters prepaid system by using a token and has 100% success rate. Water counter prepaid system are expected to reduces cheating on analog water counter and customers can arrange the water needs.

Keywords: *Water prepaid system, Token, Cryptographic, Transposition, PIC16F877A.*

ABSTRAK

Perusahaan penyedia air yang ada saat ini masih menggunakan mesin penghitung analog untuk mengetahui volume air yang telah digunakan pelanggan. Setelah petugas melakukan pencatatan secara manual maka pelanggan melakukan pembayaran sesuai volume air yang digunakan. Sistem ini menimbulkan banyak permasalahan antara lain tunggakan pembayaran, pencatatan penggunaan yang tidak sesuai serta tidak dapat diaturnya penggunaan air oleh pelanggan.

Untuk itu dibutuhkan sebuah sistem yang mampu mengatasi itu semua. Sistem mesin air pra-bayar ini menggunakan token yang berisi informasi-informasi penting pelanggan seperti ID, tanggal pembelian token serta nominal pulsa yang dibeli. Untuk menjaga kerahasiaan agar token dan bersifat sekali pakai maka dilakukan proses kriptografi dengan metode transposisi. Untuk menggunakan token dilakukan proses dekripsi dengan mikrokontroler PIC16F877A. Proses dekripsi dilakukan dengan mengimplementasikan Aljabar Boolean.

Hasil dari penelitian ini adalah dibuatnya sistem air pra-bayar dengan menggunakan token dengan tingkat keberhasilan 100%. Sistem air pra-bayar ini diharapkan mampu mengurangi kecurangan pada mesin air paska bayar dan pelanggan dapat mengatur kebutuhan airnya.

Kata kunci: *Sistem Air Pra-Bayar, Token, Kriptografi, Transposisi, PIC16F877A.*

PENDAHULUAN

Perusahaan penyedia air memasang *water meter* (mesin penghitung air) untuk mengetahui banyaknya air yang digunakan pelanggan. Mesin penghitung air ini bersifat analog dengan sistem pembayaran paska bayar. Mesin penghitung air analog hanya menampilkan volume air yang digunakan pelanggan untuk selanjutnya dilakukan pencatatan secara manual oleh petugas.

Sistem mesin penghitung air analog menimbulkan banyaknya permasalahan. Di pihak perusahaan, sistem paska bayar dapat membuat pelanggan seringkali lupa untuk

melakukan pembayaran. Di pihak pelanggan, secara manual dapat menyebabkan volume air yang dicatat tidak sesuai dengan penggunaan air pelanggan dan tidak dapat mengatur penggunaan air.

Pada penelitian ini dibangun sebuah sistem token pulsa penghitung penggunaan air dengan menggunakan mikrokontroler PIC16F877A. Sistem ini menggunakan token yang berisi informasi-informasi tertentu dan dibuat dengan kriptografi. Selanjutnya token ini akan di dekripsi untuk mendapatkan sejumlah pulsa yang ada di dalamnya.

Dengan dibuatnya sistem ini, diharapkan mampu membangun sistem token pulsa pada mesin penghitung penggunaan air pra-bayar dengan enkripsi metode transposisi dan mengimplementasikan Aljabar Boolean untuk dekripsi. Sehingga sistem ini dapat mengatasi masalah-masalah pada sistem penghitung air paska bayar.

DASAR TEORI

Token

Token merupakan pola kesatuan kelompok karakter yang terdiri dari sederetan (satu atau lebih) karakter yang dikelompokkan menjadi satu kesatuan yang ditentukan dalam bahasa sumber. Sederetan karakter yang tidak mengikuti pola token akan dilaporkan sebagai token tak dikenal (*unidentified token*) (Juarna, 2003).

Tujuan pembuatan token adalah memastikan pesan tersebut aman meski dalam jangka waktu yang singkat.

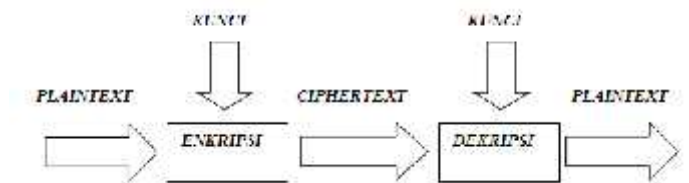
Kriptografi

Kriptografi merupakan suatu ilmu yang mempelajari cara mengamankan data atau pesan yang akan dikirim ke penerima sehingga data atau pesan menjadi aman dan tidak diketahui oleh pihak ketiga. Data atau pesan yang akan dikirim diubah menjadi kode-kode yang tidak dipahami pihak ketiga (Fitriasih, 2012).

Pada dasarnya untuk melakukan kriptografi dibutuhkan sebuah sistem yang terdiri dari beberapa proses serta komponen yang saling berkaitan. Proses dan komponen kriptografi tersebut adalah

- Enkripsi*. Cara pengamanan data yang dikirim sehingga terjaga kerahasiaannya.
- Dekripsi*. Proses kebalikan dari enkripsi, berfungsi mengembalikan pesan rahasia menjadi pesan asli.
- Kunci*. Digunakan untuk melakukan enkripsi dan dekripsi.
- Ciphertext*. Pesan yang telah melalui enkripsi. Pesan yang ada berupa karakter-karakter yang tidak mempunyai arti.
- Plaintext*. Pesan yang memiliki makna.
- Pesan*. Data atau informasi yang dikirim dalam sebuah media.

- Cryptanalysis*. Ilmu mendapatkan *plaintext* tanpa harus mengetahui kunci yang sah. Secara keseluruhan, sistem kriptografi dapat dilihat pada Gambar 1 (Ariyus, 2008).



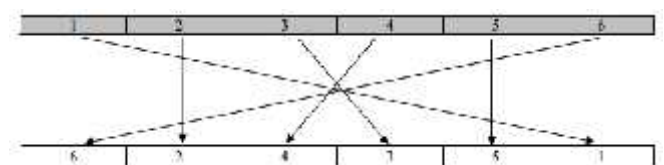
Gambar 1 Sistem kriptografi^[2].

Algoritma dari kriptografi adalah fungsi-fungsi yang digunakan untuk melakukan fungsi enkripsi dan dekripsi. Algoritma yang digunakan menentukan kekuatan dari enkripsi, dan hal ini biasanya dibuktikan dengan basis matematika (Sasongko, 2005).

Teknik Transposisi (permutasi)

Teknik transposisi adalah salah satu jenis dari teknik kriptografi klasik. Pada dasarnya membuat *ciphertext* dengan menggantikan posisi objek-objek *plaintext* tanpa menggantikan objek *plaintext* tersebut, jadi pada teknik ini tidak dibutuhkan karakter lain (Supriyanto, 2008).

Nama lain teknik ini adalah permutasi, dimana dilakukan dengan memindahkan atau merotasikan karakter dengan aturan tertentu. Sebagai contoh aturan yang bisa digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Aturan transposisi^[7].

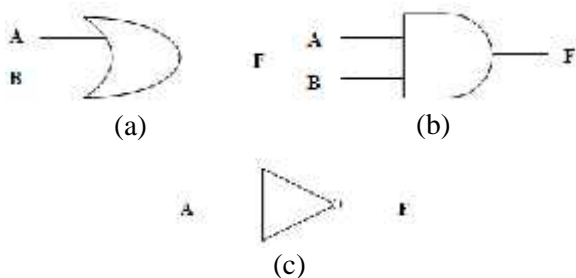
Gerbang Logika Dasar Dan Aljabar Boolean

Gerbang logika dasar merupakan elemen rangkaian digital dan rangkaian digital merupakan kesatuan dari gerbang-gerbang logika dasar yang membentuk fungsi pemrosesan sinyal digital (Muchlas, 2005).

Nilai kebenaran dari suatu gerbang logika biasanya disimbolkan dengan istilah on yang disimbolkan dengan angka 1 dan off disimbolkan dengan angka 0.

Terdapat tiga buah gerbang logika dasar, yaitu :

- Gerbang OR (Disjungsi).** Prinsip kerjanya adalah kondisi keluaran akan berlogika satu bila salah satu atau semua saluran masukannya berlogika satu.
- Gerbang AND (Konjungsi).** Prinsip kerja gerbang ini adalah kondisi keluarannya akan berlogika satu bila semua saluran masukannya berlogika satu. Selain itu saluran keluarannya akan berlogika nol
- Gerbang NOT (Negasi).** Prinsipnya, bila pada saluran masukannya berlogika satu maka saluran keluarannya akan berlogika nol.



Gambar 3 Gerbang logika dasar (a) Gerbang OR, (b) Gerbang AND, (c) Gerbang NOT^[8]

Aljabar Boolean adalah aljabar yang terdiri atas suatu himpunan (paling sedikit terdiri dari dua elemen nol dan satu) dengan tiga operasi yaitu AND, OR dan NOT yang terdefinisi pada himpunan tersebut (Sutojo, 2008). Seperti ditunjukkan pada persamaan (1) untuk OR, persamaan (2) untuk AND dan persamaan (3) untuk NOT.

$$A + B = F \quad (1)$$

$$A \cdot B = F \quad (2)$$

$$\bar{A} = F \quad (3)$$

Aljabar Boolean sangat penting perannya di dalam proses perancangan maupun analisis rangkaian logika, karena merupakan aljabar yang diberlakukan pada variabel yang bersifat diskrit.

Teorema Variabel Jamak

Teorema-teorema variabel jamak aljabar Boolean umumnya sama dengan teorema-teorema pada aljabar biasa, seperti (Muchlas, 2005).

- Komutatif

$$A + B = B + A \quad (4)$$

$$A \cdot B = B \cdot A \quad (5)$$

- Asosiatif

$$A + B + C = A + B + C \quad (6)$$

$$A \cdot B \cdot C = A \cdot B \cdot C \quad (7)$$

- Distributif

$$A + B \cdot C = A + B (A + C) \quad (8)$$

$$A \cdot B + C = A \cdot B + A \cdot C \quad (9)$$

- Absorpsi (menyederhanakan)

$$A + A \cdot B = A \quad (10)$$

$$A + \bar{A}B = A + B \quad (11)$$

$$A \cdot A + B = A \quad (12)$$

$$A \bar{A} + B = A \cdot B \quad (13)$$

- De Morgan

$$\bar{A} + \bar{B} + \dots = \overline{A \cdot B \cdot \dots} \quad (14)$$

$$\overline{A \cdot B \cdot \dots} = \bar{A} + \bar{B} + \dots \quad (15)$$

Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah perangkat yang terintegrasi dengan sebuah komponen dari sistem mikroprosessor pada sebuah *microchip* dan teroptimisasi untuk berinteraksi dengan teliti melalui antarmuka internal dengan perangkat lain seperti *microprocessor*, ROM (*Read Only Memory*), RAM (*Random Access Memory*), I/O (*Input Output functions*), dan berbagai komponen khusus lain yang berada di dalam satu paket tersebut (Ambadas, 2013).

Mikrokontroler digunakan pada otomatisasi kontrol perangkat dan produk seperti sistem kontrol mesin mobil, perangkat implant medis, *remote control*, peralatan mesin kantor, alat-alat listrik, mainan dan sistem lainnya.

Mikrokontroler PIC16F877A

PIC adalah mikrokontroler yang dibuat oleh *Microchip Technology*, berasal dari PIC1650 yang kemudian dikembangkan oleh Divisi Instrumentasi Mikroelektronik (Fisher, 2005).

PIC16F877A adalah mikrokontroler 8-bit yang memiliki 40 pin DIP dan didasarkan pada *Harvard Architectur*. Untuk pengkodean nama, PIC merupakan singkatan dari *Peripheral Interface Controller* dan F untuk *flash memory*. PIC16F877A memiliki 256 byte EEPROM data memori, pemrograman diri, LCD, 8 saluran 10 bit *Analog-to-Digital Converter*, 2 fungsi penangkap/pembanding/ PWM, *port serial* yang dapat di konfigurasi sebagai 3-kawat-serial antarmuka untuk 2 kawat yang

terintegrasi dengan sirkuit bus dan UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*). Keseluruhan fitur dari PIC16F877A ini membuatnya ideal untuk digunakan lebih pada aplikasi industri dan peralatan (Shanmugasundaram, 2013).



Gambar 4 Mikrokontroler PIC16F877A
kelebihan PIC16F877A ini adalah:

- Pemrograman ulang*, PIC16F877A memiliki 8Kbit flash memori yang dapat digunakan untuk menghapus dan menulis ulang program, sehingga dapat diprogram ulang sampai 100.000 kali.
- Konsumsi daya yang rendah*, PIC16F877A dapat bekerja dengan catu daya rendah seperti 5V DC.
- Pemrograman yang murah, mudah dan handal*, pemrograman mikrokontroler PIC dapat menggunakan bahasa C yang sudah terlengkapi didalamnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini melakukan rancang bangun sebuah sistem yang digunakan untuk mengenkripsi sebuah informasi menjadi sebuah token dan kemudian dilakukan dekripsi untuk menggunakan token tersebut kembali. Dalam penelitian ini dilakukan dua buah proses yaitu enkripsi dan dekripsi. Dimana kedua sistem ini merupakan dua buah sistem terpisah namun saling berkaitan. Dengan alur penelitian seperti pada Gambar 5.

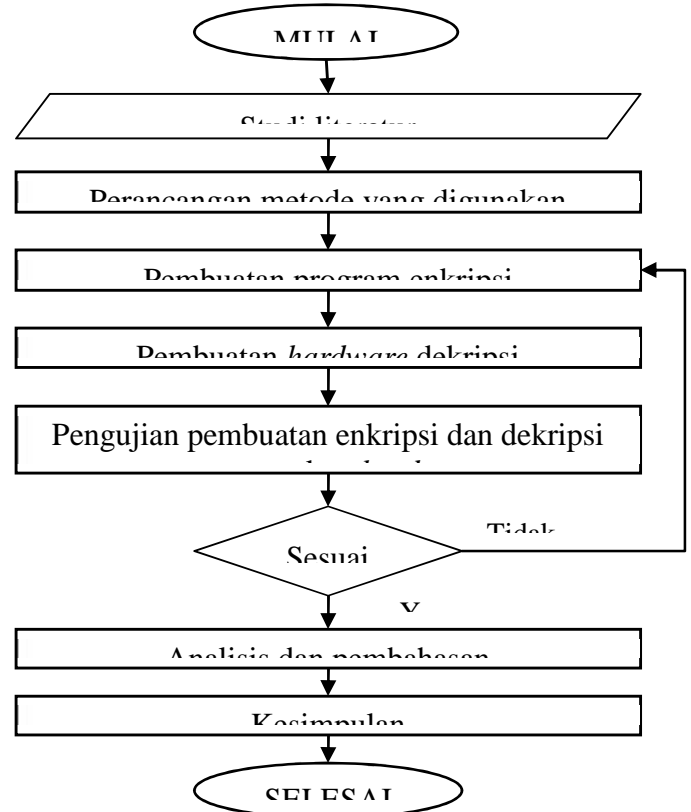
Enkripsi Token

Program enkripsi token membutuhkan beberapa data pelanggan sebagai informasi penyusunnya. Data-data tersebut adalah ID pelanggan, tanggal pembelian token dan nominal yang digunakan.

Proses ini diawali dengan memasukkan ID pelanggan, tanggal pembelian dan nominal yang akan dibeli. ID pelanggan merupakan identitas pelanggan yang identik dan terdiri dari

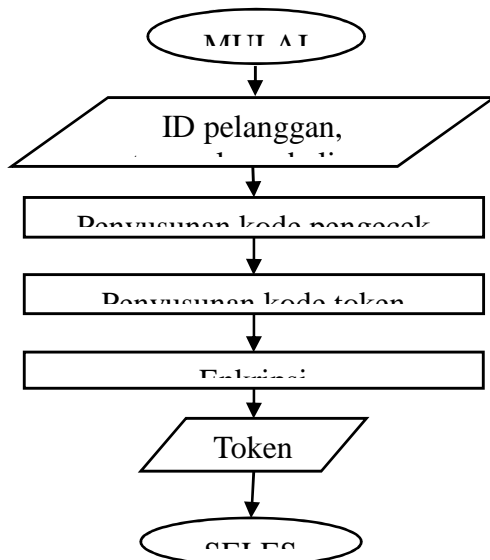
empat karakter. Tanggal pembelian berformat (ddmm) adalah tanggal disaat token tersebut dibeli atau dibuat. Dan nominal pulsa adalah jumlah pulsa yang dibeli.

Setelah kode-kode tersebut dimasukkan proses selanjutnya adalah merubah nominal pulsa menjadi kode khusus dan mendapatkan kode



Gambar 5 Diagram alir penelitian

pengecek. Kode pengecek ini didapat dengan mengalikan rasio dan kelipatan jumlah pulsa yang disediakan. Setelah didapatkan kode pengecek, selanjutnya dilakukan proses enkripsi yang berfungsi untuk merubah kode keseluruhan menjadi pesan rahasia. Proses enkripsi yang dilakukan dengan metode transposisi. Hasil rangkaian karakter setelah proses enkripsi inilah yang digunakan sebagai token pulsa. Seperti pada Gambar 6.

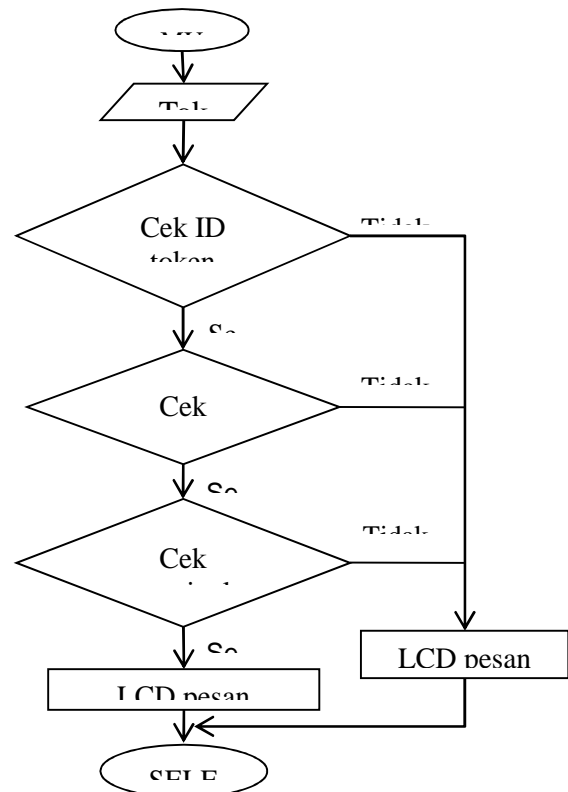


Gambar 6 Diagram alir enkripsi token

Dekripsi Token

Proses dekripsi dilakukan untuk menguji keaslian token dan dilakukan dengan mengimplementasikan sifat asosiatif pada teorema variable jamak Aljabar Boolean.

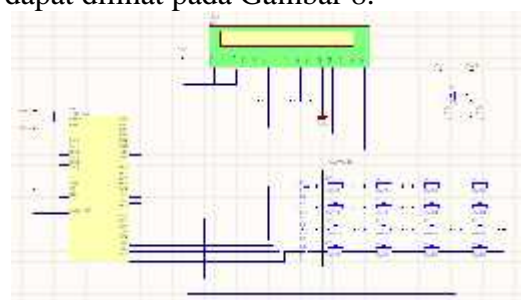
Langkah yang dilakukan adalah mencocokkan tiap karakter penyusun token dengan kode-kode rahasia yang ada pada mikrokontroler. Hal pertama yang dilakukan adalah mencocokkan karakter pembentuk ID dengan ID pada mesin dekripsi. Selanjutnya dilakukan pencocokan karakter yang menunjukkan tanggal pembelian token dengan tanggal yang sudah ada pada mesin penghitung air. Langkah terakhir adalah mencocokkan karakter kode nominal dan kode pengecek keaslian token. Proses keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram alir dekripsi token

Rangkaian Dekripsi Token Pulsa

Proses dekripsi token pulsa pada mesin penghitung penggunaan air menggunakan mikrokontroler PIC16F877A dengan LCD 2x16 sebagai penampil dan keypad 4x4 untuk memasukkan karakter-karakter token. Untuk LCD menggunakan PORTB dan keypad 4x4 pada PORTD. Untuk lebih jelasnya, rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 8.



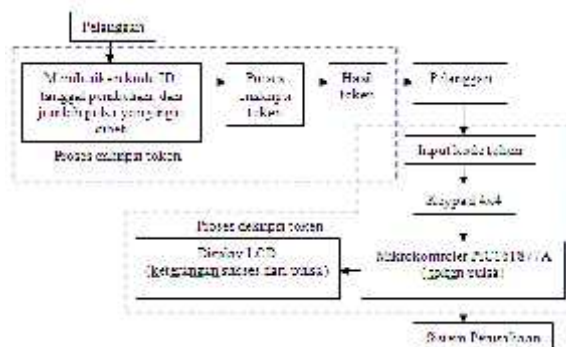
Gambar 8 Rangkaian dekripsi token

HASIL DAN PEMBAHASAN

Blok Diagram Sistem

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sistem ini terdiri dari dua proses penting, yaitu proses enkripsi dan dekripsi. Proses enkripsi yang dilakukan untuk mengamankan kode token dilakukan dengan perangkat lunak yang telah dibuat. Untuk

proses dekripsi yang berfungsi menerjemahkan kode token dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler PIC16F877A. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Blok diagram sistem

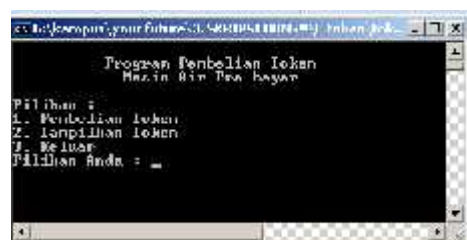
Enkripsi token

Token yang dibuat pada penelitian ini terdiri dari empat kelompok kode dengan total 10 karakter. Susunan token tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.

ID Pelanggan				Nominal Pulsa	Tanggal				Kode Cek
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Gambar 10 Susunan kelompok kode penyusun token

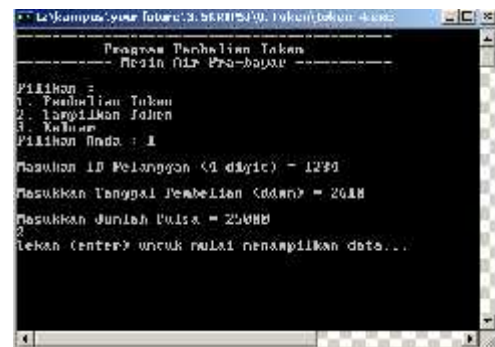
Token dibuat dengan menggunakan perangkat lunak yang dibuat dengan bahasa C. Pembuatan token dilakukan dengan kriptografi klasik, yaitu teknik transposisi atau permutasi. Teknik ini dilakukan dengan merubah posisi suatu karakter dengan karakter tertentu. Tampilan awal program pembelian token dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Tampilan awal program pembelian token

Misal, seorang pelanggan dengan ID 1234 akan membeli token senilai Rp 25.000,- pada tanggal 26 Oktober 2015. Setelah memberikan informasi ID dan nominal pulsa yang akan dibeli, selanjutnya transaksi akan

diproses menggunakan program enkripsi yang telah dibuat. Gambar 12 menunjukkan tampilan program dengan informasi awal yang akan dibuat menjadi token.



Gambar 12 Tampilan program dengan informasi awal pembentuk token

Untuk kode pengecek token didapat dari perkalian rasio pulsa yang disediakan dengan kelipatannya. Perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan kode pengecek

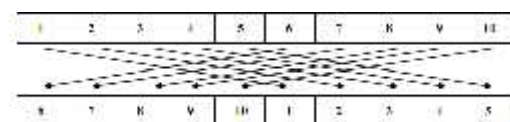
Nominal Pulsa	Rasio	Kelipatan	Kode Pengecek
25.000	1	2	2
50.000	2	2	4
100.000	4	2	8

Untuk nominal pulsa dikodekan kembali menjadi sebuah kode khusus. Nominal Rp 25.000,- dikodekan dengan 1, Rp 50.000,- dengan 2 dan Rp 100.000,- dengan 3. Setelah didapat seluruh info yang telah dikodekan, didapat kode asli (*plaintext*). Susunan lengkap kode penyusun token dapat dilihat pada Gambar 13.

Kategori/ Kode	ID Pelanggan	Nama Paisa	Tanggal	Kode Cek
Dona	1 2 3 4	5 6 7 8 9	10	
Kode asli	1 2 3 4	1 2 6 1 0	2	

Gambar 13 Susunan lengkap kode penyusun token

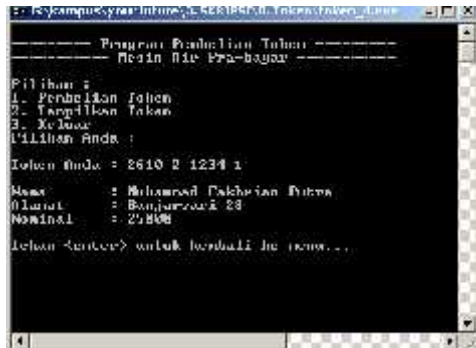
Dengan menggunakan aturan transposisi pada Gambar 14, didapatkan token seperti pada Gambar 15. Tampilan programnya dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 14 Aturan kriptografi transposisi

Pesan Asli	1	2	3	4	1	2	6	1	0	2
Token	2	6	1	0	2	1	2	3	4	1

Gambar 15 Pesan asli dan token hasil kriptografi



Gambar 16 Tampilan akhir program pembuat token

Dekripsi token

Dekripsi token dilakukan menggunakan mikrokontroler PIC16F877A menggunakan algoritma Aljabar Boolean. Perangkat untuk dekripsi token ini dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Perangkat dekripsi token

Proses dekripsi token dilakukan untuk menguji keaslian token yang telah ada. Cara yang dilakukan adalah mencocokkan tiap karakter pada token dengan kode-kode tertentu pada mikrokontroler. Seperti yang telah diketahui sebelumnya, token terdiri dari empat kelompok karakter, dan masing-masing kelompok di misalkan menjadi sebuah variabel. Variabel penyusun token dapat dilihat pada Gambar 18.

Kelompok Kode	Tanggal (dd)	Tanggal (mm)	Kode Ccc	ID Pelanggan	Nominal Token
Variabel	A	B	C	D	E

Gambar 18 Susunan kelompok kode token

Berdasarkan variabel kelompok kode token, maka proses dekripsi token dapat

dituliskan dengan Persamaan 16. Dan dengan sifat asosiatif teorema variable jamak Aljabar Boolean didapat persamaan 17.

$$A + B \cdot (C \cdot D \cdot E) \quad (16)$$

$$A + B \cdot D(C \cdot E) \quad (17)$$

Persamaan 17 dapat dikerjakan dengan tabel kebenaran seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Tabel kebenaran $(A+B) \cdot D(C \cdot E)$

A+B	D(C.E)	$(A+B) \cdot D(C \cdot E)$
0	0	0
1	0	0
1	0	0
1	1	1

Berdasarkan Tabel 2, diketahui jika keseluruhan karakter token memiliki kecocokan dengan kode rahasia pada perangkat, maka pelanggan akan mendapatkan sejumlah pulsa sesuai pembelian untuk menggunakan mesin air tersebut. Namun, jika tidak terdapat kecocokan karakter token dengan kode pada perangkat, maka transaksi gagal dan token tidak dapat digunakan.

Pengujian dekripsi token

Pengujian dilakukan dengan total 12 token dan selama pengujian dilakukan secara berurutan. Hasil pengujian token dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengujian dekripsi token

No.	Token	Keterangan	Hasil
1.	2610212341	Tanggal baru, bulan baru, ID sesuai, nominal sesuai untuk pulsa Rp 25.000,-	Pulsa Rp 25.000,-
2.	2611412342	Tanggal sebelumnya, bulan baru, ID sesuai, nominal sesuai untuk pulsa Rp 50.000,-	Pulsa Rp 50.000,-
3.	3011812343	Tanggal baru, bulan sebelumnya, ID sesuai, nominal sesuai untuk pulsa Rp 100.000,-	Pulsa Rp 100.000,-
4.	3011212341	Tanggal sebelumnya, bulan sebelumnya, ID sesuai, nominal sesuai untuk pulsa Rp 25.000,-	Token salah
5.	2501212331	Tanggal baru, bulan baru, ID tidak sesuai, nominal sesuai untuk pulsa Rp 25.000,-	Token salah

		Tanggal baru, bulan baru, ID sesuai,	Token salah
6.	1005412341	nominal tidak sesuai untuk pulsa Rp 25.000,-	
7.	8765873897	Enkripsi metode substitusi	Token salah
8.	8765773885	Enkripsi metode substitusi	Token salah
9.	8765669881	Enkripsi metode substitusi	Token salah
10.	3412142563	Token dengan kode acak	Token salah
11.	4567334412	Token dengan kode acak	Token salah
12.	3432181103	Token dengan kode acak	Token salah

KESIMPULAN

Berdasarkan sistem yang telah dibuat, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses enkripsi dan dekripsi token pulsa penghitung air pra-bayar dapat dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi, yaitu bahasa C. Proses enkripsi token dilakukan dengan teknik transposisi dan proses dekripsi dilakukan dengan mengimplementasikan Aljabar Boolean.
2. Hasil pengujian token menghasilkan tingkat keberhasilan 100%, karena token yang memiliki karakter token berbeda dengan kode rahasia pada mikrokontroler tidak dapat digunakan.

SARAN

Rancangan token pulsa penghitung penggunaan air pra-bayar ini dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur mengetahui jumlah pulsa yang tersisa. Selain itu ID pelanggan dapat disesuaikan dengan kode tertentu pada perusahaan jasa penyedia air bersih pada tiap daerah.

DAFTAR PUSTAKA

- Juarna, A., 2003. *Teknik Kompilasi*. Depok: Universitas Gunadarma.
- Fitriasih, I., Prayitno, T.B. & Sidopekso, S., 2012. Studi Model Kriptografi Klasik.

Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Edisi 1. Vol. 13, pp.6-11.

Ariyus, D., 2008. *Pengantar Ilmu Kriptografi Teori Analisa dan Implementasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Arjana, P.H., Rahayu, T.P., Yakub & Hariyanto, 2012. Implementasi Enkripsi Data Dengan Algoritma Vigenere Chiper. *SENTIKA: Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*.

Sasongko, J., 2005. Pengamanan Data Informasi Menggunakan Kriptografi Klasik. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, Vol X, No. 3, pp.160-67.

Supriyanto, A. & Ardianto, E., 2008. Penyandian File Gambar dengan Metode Substitusi dan Transposisi. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, XIII, pp.88-97.

Mukodim, D., 2002. Tinjauan Tentang Enkripsi dan Dekripsi, Suatu Teknik Pengamanan Data Dengan Penyandian RSA. *Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT)*, pp.92-100.

Muchlas, 2005. *Rangkaian Digital*. Yogyakarta: Gava Media.

Sutojo, T., 2008. Penyederhanaan Fungsi Boolean Berbasis Literal Konstan. *Techno.COM*, Vol. 7, No. 1, pp.61-69.

Ambadas, R.R. & R, P.C., 2013. PIC Microcontroller Universal Board. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)* Vol.3 Issue 7.

Shanmugasundaram, M., G, M. & S, S., 2013. Implementation of PIC16F877A Based Intelligent Smart House System. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)* Vol. 5 No. 2.